



## Relação da temperatura do ar e do solo com a quantidade de clorofila a e b em jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) no semi-árido do Nordeste do Brasil

Josicléda Domiciano Galvêncio<sup>1</sup>, Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel<sup>2</sup>,  
Josimar Gurgel Fernandes<sup>3</sup>

Artigo recebido em 12/05/2010 e aceito em 15/07/2010

### RESUMO

A comunidade científica tem-se preocupado mais com a caatinga (Savana Estépica), seja em função da degradação antrópica e/ou devido a grande vulnerabilidade às mudanças climáticas. Considerando a abundância da jurema preta na região semiárida, a sua importância econômica e ecológica e o estado de degradação provocado pela pecuária existente em muitas áreas de caatinga e, ainda, considerando as mudanças climáticas, este estudo pretende relacionar fatores internos da folha (pigmentos) de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) com fatores externos (temperatura do ar) em plantas estabelecidas na região semiárida do Nordeste do Brasil. Este estudo aplicou estatísticas descritivas e de correlação linear para relacionar os fatores internos e externos à folha. Os resultados não apresentaram grandes diferenças quanto à relação da temperatura do ar e do solo com as clorofilas a e b. Essas informações poderão servir como base inicial aos estudos do balanço energético e a quantidade de clorofila que poderá ser encontrada na espécie estudada (dominante no semi-árido). Estudos futuros poderão indicar um modelo que apresente uma relação entre a quantidade de clorofila, conhecendo-se a quantidade de energia que a planta recebe (temperatura do ar).

**Palavras-chave:** Caatinga, mudanças climáticas, sensoriamento remoto, estatística, degradação das terras.

### Relationship of air and soil temperature with the amount of chlorophyll a and b in Jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) in semi-arid northeastern Brazil

### ABSTRACT

The scientific community has been concerned more with caatinga (Steppe Savana), whether as a result of anthropogenic degradation and/or due to extreme vulnerability to climate change. Considering the abundance of jurema preta in the semiarid region, its economic and ecological importance, and the state of degradation caused by livestock in many areas of caatinga and, also, taking into account climate change, this study aims to relate internal factors of the leaf (pigments) of jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) with external factors (air temperature) in plants from the semiarid region of northeastern Brazil. This study applied descriptive statistics and linear correlation to relate internal and external factors of the leaf. The results showed no major differences between the relationship of air and soil temperature with chlorophyll a and b. This information may serve as a baseline for studies of energy balance and the amount of chlorophyll that can be found in the studied species (dominant in the semi-arid). Future studies may indicate a model that presents a relationship between the amounts of chlorophyll, knowing the amount of energy the plant receives (air temperature).

**Keywords:** Caatinga, climate change, remote sensing, statistics, land degradation.

### Introdução

A perturbação antrópica de qualquer sistema estável (solo+cobertura vegetal) tende a causar mais perdas do que ganhos de carbono, acarretando em redução da qualidade do solo e do ar ao longo tempo (Barreta et al., 2005; Araújo et al., 2009).

De forma a atender a demanda de uma população crescente, os recursos naturais do planeta têm sido continuamente deplecionados, e a sua habilidade em fornecer as necessidades básicas do homem tem sido

De acordo com o relatório do IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change/ONU - Organização das Nações Unidas (IPCC, 2007), a população mundial vai crescer continuamente até 2050 resultando no aumento das demandas industriais e urbanas, e, conseqüentemente, da degradação e da poluição. Este cenário está provocando o declínio quantitativo e qualitativo dos recursos naturais essenciais, sendo o solo um dos mais afetados.

O microclima de uma área vegetada é influenciado por fatores como a área foliar, arquitetura e altura de plantas, todos interferindo na interceptação e no

\* E-mail para correspondência: [josicleda@hotmail.com](mailto:josicleda@hotmail.com) (J. D. Galvêncio).

balanço de radiação, determinando diferentes regimes de temperatura e umidade do ar no interior do dossel (Monteith & Unsworth, 1990).

Em geral, a tendência diária da temperatura do ar no dossel depende do suprimento de radiação solar incidente e da camada de folhas na qual ela é interceptada, da taxa de radiação de onda longa perdida, do total de energia absorvida usada na evaporação da água do solo, na intensidade de transpiração das plantas e do transporte turbulento do calor no dossel (Broadbent, 1950). Além disso, a soma térmica a que ficam submetidos os diferentes extratos da parte aérea pode levar a uma aceleração maior da senescência nas folhas mais expostas à maior temperatura.

As variações sazonais das condições climáticas que ocorrem na interface solo-planta-atmosfera são fatores preponderantes no desenvolvimento de inúmeras atividades humanas. Por isso, nos últimos anos tem sido expressivo o número de estudos climáticos e sua aplicabilidade em diversas áreas como: planejamento industrial e urbano; atividade turística, pesqueira, agroindustrial e várias outras.

Atualmente, ênfase também é dada no estabelecimento da influência dos fatores climáticos não apenas no desenvolvimento e rendimento da planta, mas, também, na qualidade do produto florestal (Ortolani et al., 2001).

O fator térmico resulta do efeito combinado do aquecimento do ar e do solo, cuja intensidade depende do balanço radiativo local. Com relação à temperatura do ar e às plantas, Klar (1984) afirma que a temperatura do ar afeta diretamente o crescimento da planta, existindo uma temperatura ótima, mínima e máxima tolerável. Em relação à temperatura do solo, Ometto (1981) afirma que a textura e a estrutura do solo condicionam uma maior ou menor absorção da energia radiante, limitada aos primeiros centímetros da superfície, sendo propagada no perfil, interagindo com o sistema radicular da planta e estimulando as trocas iônicas entre raízes e solo. Para Gavande (1972 *apud* Lopes et al., 1995), o efeito da temperatura do solo sobre o crescimento da planta inclui fatores físicos, químicos e biológicos, os quais têm influência direta nos processos de decomposição da matéria orgânica, absorção de nutrientes, absorção e translocação da água na planta.

Segundo Pinheiro et al. (2002), a temperatura do solo está muito relacionada à radiação que chega a uma determinada superfície, dependendo da latitude, da época do ano, da hora do dia e da exposição. A amplitude, isto é, a diferença entre a máxima e a mínima temperatura, tende a diminuir com a profundidade do solo. A temperatura é muito variável à superfície e, tende a se estabilizar com a profundidade. Isto significa que as raízes de uma planta estão num ambiente muito variável, no tempo (horas) e no espaço (profundidade).

A superfície do solo é um dos componentes mais importantes do microclima da planta (Sedyama & Prates, 1986) que serve não só como suporte para a planta, mas para um meio, através do qual a água e os nutrientes são transferidos para o sistema radicular.

Além disso, fisicamente o solo funciona como principal mecanismo de armazenamento de energia.

As imagens de sensoriamento remoto integradas a um SIG – Sistema de Informações Geográficas são uma alternativa para se obter estimativas confiáveis e objetivas sobre o crescimento de plantas (van der Meer et al., 1999; IRRI, 2003). Há mais de três décadas, o Brasil grava continuamente as imagens dos satélites americanos da série Landsat por meio de uma estação de recepção localizada em Cuiabá, MT. As imagens do sensor TM a bordo do Landsat-5 recobrem, a cada 16 dias, todo o território brasileiro. Contudo, a disponibilidade destas imagens para fins de identificação e monitoramento ambientais é limitada devido à freqüente presença de nuvens entre o sensor e o alvo, pois as nuvens atuam como um anteparo para imagens adquiridas na faixa óptica do sensoriamento remoto. Todavia, as nuvens não podem ser consideradas como um aspecto negativo, pois são elas que vão prover água para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Assim, é preciso buscar alternativas para contornar essa limitação do sensoriamento remoto óptico.

A jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret) é uma espécie pioneira, colonizadora de áreas em estado de degradação e de grande potencial de regeneração de solos erodidos (Maia, 2004). É uma espécie indicadora de sucessão secundária progressiva ou de recuperação, quando é praticamente a única espécie lenhosa presente, porém a tendência ao longo do processo é de uma drástica redução numérica (Araújo Filho & Carvalho, 1996 *apud* Bakke et al., 2006).

Muito se têm discutido sobre mudanças climáticas globais, gases de efeito estufa, aquecimento global e seus efeitos na caatinga. Estudo recente, coordenado por Marengo (2010), indica que a caatinga pode dar lugar a uma vegetação típica de zonas áridas, com predominância de cactáceas.

Um aumento de 3°C, ou mais, na temperatura média deixaria ainda mais secos os locais que hoje têm maior deficiência hídrica no semi-árido.

Os ambientalistas estão preocupados com a caatinga, apontada como uma das ações mais urgentes. É o único bioma exclusivamente brasileiro que abriga uma fauna e flora únicas, com muitas espécies endêmicas, ou seja, que não são encontradas em nenhum outro lugar do planeta. Trata-se de um dos biomas mais ameaçados do Brasil, com grande parte de sua área já bastante modificada pelas condições extremas de clima observadas nos últimos anos e potencialmente muito vulnerável às mudanças climáticas.

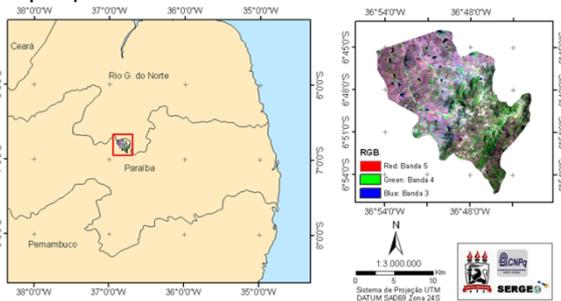
Considerando a abundância da jurema preta na região semiárida, sua importância econômica e ecológica e o estado de degradação provocado pela pecuária extensiva na caatinga, este estudo objetiva relacionar fatores internos (pigmentos) e externos (temperatura do ar) da folha de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret) em indivíduos estabelecidos na região semiárida do Nordeste do Brasil.

É, também, objetivo deste estudo, identificar possíveis diferenças entre a temperatura do solo e do ar com a quantidade de clorofila (a e b), visando

proporcionar um melhor entendimento das interações entre o homem, suas atividades e o ambiente, visando uma utilização racional dos recursos naturais.

**Material e métodos**

O estudo foi realizado em áreas do município de São José do Sabugi-PB, situado na região Centro-Norte do Estado da Paraíba, Meso-Região Borborema, Micro-Região Seridó Ocidental no semi-árido Paraibano. Limita-se ao norte com Ouro Branco (RN) e Santana do Seridó (RN), ao leste com Santana do Seridó (RN) e Equador (RN), ao sul com Equador (RN) e Santa Luzia e, a oeste com Santa Luzia e Ouro Branco (RN) (Figura 1). O município de São José do Sabugi compreende uma área de 215,4km<sup>2</sup>. A precipitação média anual está em torno de 500mm.



**Figura 1.** Localização espacial do município de São José do Sabugi-PB.

Foram coletadas 30 amostras em cinco pontos, nas coordenadas x 738574, y 9246370; x 738549, y 9246394; x 736409, y 9245108; x 742458, y 9243340 e x 741448, y 9240072, para as variáveis: clorofila a e b, temperatura da superfície da folha de jurema preta, temperatura da superfície do solo, umidade do ar e do solo, temperatura do ar a 1,5m e do solo a 10cm e pH do solo a 10cm.

A temperatura e umidade do ar foram medidas com um termo-higrômetro portátil digital da marca Oregon. A temperatura da superfície do solo e da folha foi medida com um termômetro infravermelho digital de mira laser da marca Incoterm. As clorofilas a e b foram medidas com o Clorofilog da marca Falker. A umidade e pH do solo foram medidos com um medidor de pH e umidade do solo da marca Instrutherm. A temperatura do solo, a 10cm de profundidade, foi medida com um termômetro de marca Incoterm.

**Dados da estação meteorológica fixa**

Os dados foram coletados através da estação meteorológica OREGON WMR-9X8, armazenados no Datalogger WMR918/928/968, visualizados e processados no software WMRDL Monitor e, em seguida, foram transformados em planilhas do Excel. Neste estudo foram utilizados os dados de temperatura do ar obtidos no dia 13 de janeiro de 2009.

**Dados de satélites**

Foi utilizada uma imagem do satélite Landsat TM-5 do dia 13 de janeiro de 2009, com órbita 215 e ponto 65.

**Software**

Galvêncio, J.D.; Pimentel, R.M.M.; Fernandes, J.G.

O programa Excel foi utilizado para elaboração das figuras dos dados observados na estação meteorológica, como também o ERDAS 9.3 e o ARCGIS 9.3 foram utilizados no processamento das imagens de satélite apresentadas nesta pesquisa.

Foram aplicadas estatísticas descritivas e o método de correlação linear de Pearson entre as variáveis (medidas móveis): temperatura do ar, umidade do ar, temperatura da superfície do solo e da folha, clorofilas a e b, umidade e pH do solo e temperatura do solo a 10cm de profundidade.

**Processamento da imagem:**

**Conversão radiométrica – Etapa 1**

A primeira componente do Balanço de Energia a ser obtida é o saldo de radiação à superfície (Rn), através de uma série de etapas efetuadas com a ferramenta *Model Maker* do *software ERDAS Imagine 9.3*. A Etapa 1 constitui no cômputo da radiância espectral de cada banda ( $\lambda_i L$ ), ou seja, efetivação da Conversão Radiométrica, na qual o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral monocromática. Essas radiâncias representam a radiação solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite Landsat (705km), para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7; para a banda 6, essa radiância representa a radiação de onda longa emitida por cada pixel, e a calibração é efetivada segundo a equação (Markham & Baker, 1987):

$$L_{\lambda_i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND$$

onde a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima (2 1 1 Wm sr  $\mu$ m); ND é a intensidade do pixel (número digital – número inteiro de 0 a 255); e i corresponde as bandas (1, 2, ... e 7) do satélite Landsat 5 - TM.

**Reflectância – Etapa 2**

A Etapa 2 representa o cômputo da reflectância monocromática de cada banda ( $\rho$ )  $\lambda_i$ , definida como a razão entre o fluxo da radiação solar refletida e o fluxo de radiação solar incidente que é obtida segundo a equação (Bastiaanssen et al., 1995; Allen et al., 2002; Silva et al., 2005):

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r}$$

onde  $L_{\lambda_i}$  é a radiância espectral de cada banda,  $k_{\lambda_i}$  é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera (Wm $\mu$ m), Z é o ângulo zenital solar e  $d_r$  é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol ( $r_0$ ) e a distância Terra-Sol (r) em determinado dia do ano (DSA) que, de acordo com Iqbal (1983), é dada por:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos(DSA \cdot 2\pi/365)$$

onde DSA representa o dia seqüencial do ano e o argumento da função *cos* está em radianos. O valor médio anual de  $d_r$  é igual a 1,00, e o mesmo varia entre 0,97 e 1,03, aproximadamente.

Em estudos onde as áreas possuem inclinação considerável, com é caso do município de São José do

Sabugi-PB, o ângulo de incidência da radiação solar depende da inclinação da superfície e do seu aspecto, isto é, do azimute da normal da superfície. Nesses casos, se faz necessário obter, o Modelo de Elevação Digital do terreno, em geral mais conhecido como o DEM da área. Esse DEM pode ser obtido, gratuitamente, em diferentes *sites* na internet. Sugere-se, ao usuário, digitar SRTM em um bom site de procura, e o mesmo apresentará uma série de alternativas. Esse termo significa: *Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)* e recomenda-se o *site* <http://srtm.csi.cgiar.org>.

**Albedo planetário - Etapa 3**

A Etapa 3 representa o cômputo do albedo no topo da atmosfera ( $\alpha_{toa}$ ), isto é, o albedo não corrigido para os efeitos atmosféricos, o qual é obtido pela combinação linear das reflectâncias monocromáticas, qual seja:

$$\alpha_{toa} = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7$$

onde  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5$  e  $\rho_7$  são as reflectâncias das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

**Albedo da superfície – Etapa 4**

Na Etapa 4 é obtido o cômputo do albedo da superfície ou albedo corrigidos os efeitos atmosféricos  $\alpha$  pela equação:

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}}$$

onde  $\alpha_{toa}$  é o albedo planetário,  $\alpha_p$  é a radiação solar refletida pela atmosfera, a qual varia entre 0,025 e 0,04. Entretanto, para o modelo SEBAL é recomendado o uso do valor de 0,03, com base em Bastiaanssen (2000),  $\tau_{sw}$  é a transmissividade atmosférica, a qual para condições de céu claro pode ser obtida pela equação (6) (Allen et al., 2002):

$$\tau_{sw} = 0,75 + 2 \cdot 10^{-5} Z$$

onde  $z$  é a altitude de cada pixel (m). Com o DEM calcula-se a transmissividade de cada pixel, o que é recomendado para áreas com topografia muito acentuada.

**Índices de vegetação: NDVI, SAVI e IAF – Etapa 5**

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*) é obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (IV  $\rho$ ) e do vermelho (V  $\rho$ ), e a soma das mesmas:

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V}$$

onde  $\rho_{IV}$  e  $\rho_V$  correspondem, respectivamente, às bandas 4 e 3 do Landsat 5 – TM.

O NDVI é um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde. Seus valores variam de  $-1$  a  $+1$  e, para superfícies com alguma vegetação, o NDVI varia de 0 e 1; para a água e nuvens, o NDVI é, geralmente, menor que zero.

Para o cálculo do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (*Soil Adjusted Vegetation Index - SAVI*), um índice que busca amenizar os efeitos do

“background” do solo, pode-se utilizar a expressão (Huete, 1988):

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)}$$

onde  $L$  é constante. Em estudos recentes, temos utilizado  $L = 0,1$ , embora o seu valor mais freqüente seja  $L = 0,5$  (Huete & Warrick, 1990; Accioly et al., 2002; Boegh et al., 2002); essa escolha reside na observação de que o índice de área foliar que se obtém em função do SAVI se aproxima mais daqueles obtidos por métodos diretos.

O Índice de Área Foliar (IAF) é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. O IAF é um indicador da biomassa de cada pixel da imagem e o mesmo foi computado pela seguinte equação empírica obtida por Allen et al. (2002):

$$IAF = - \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91}$$

**Emissividades – Etapa 6**

Para a obtenção da temperatura da superfície é utilizada a equação de Planck invertida, válida para um corpo negro. Como cada pixel não emite radiação eletromagnética como um corpo negro, há a necessidade de introduzir a emissividade de cada pixel no domínio espectral da banda termal NB $\epsilon$ , qual seja: 10,4 – 12,5 $\mu$ m. Por sua vez, quando do cômputo da radiação de onda longa emitida por cada pixel, há de ser considerada a emissividade no domínio da banda larga 0 $\epsilon$  (5 – 100 $\mu$ m). Segundo Allen et al. (2002), as emissividades NB $\epsilon$  e 0 $\epsilon$  podem ser obtidas para um NDVI > 0 e IAF < 3, segundo:

$$\epsilon_{NB} = 0,97 + 0,00331 IAF$$

$$\epsilon_0 = 0,97 + 0,01 IAF$$

Para pixels com IAF  $\geq 3$ ,  $\epsilon_{nb} = \epsilon_0 = 0,98$ . Para corpos de água (NDVI < 0), no caso do lago de Sobradinho e do leite do Rio São Francisco, Silva & Cândido (2004) utilizaram os valores de  $\epsilon_{NB} = 0,99$  e  $\epsilon_0 = 0,985$ , conforme Allen et al. (2002).

**Temperatura da superfície – Etapa 7**

Para a obtenção da temperatura da superfície ( $T_s$ ) são utilizadas a radiância espectral da banda termal  $L_{\lambda,6}$  e  $\epsilon_{NB}$  é a emissividade obtida na etapa anterior. Dessa forma, obtém-se a temperatura da superfície (K) pela seguinte expressão:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{NB} K_1}{L_{\lambda,6}} + 1\right)}$$

onde  $K_1 = 607,76 Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$  e  $K_2 = 1260,56 K$  são constantes de calibração da banda termal do Landsat 5 – T (Allen et al., 2002; Silva et al., 2005).

**Resultados e discussão**

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva das variáveis clorofilas a e b, temperatura da superfície da folha da jurema preta, temperatura da superfície do solo, umidade do ar, umidade do solo, temperatura do

ar, temperatura do solo a 10cm, pH do solo a 10cm, em cinco pontos analisados no semi-árido da Paraíba, Nordeste do Brasil. Nota-se que, nessas condições e nos pontos analisados, em média, a jurema preta possui um teor de 20,59 para clorofila a e de 4,98 para clorofila b. Em média, a temperatura do solo a 10cm esteve muito próximo da temperatura da superfície do solo. Nessas áreas, o pH mostrou-se dentro da normalidade.

**Tabela 1.** Estatística descritiva.

Clorofila	Média	DP	N
Chl a	20,59	3,32	5
Chl b	4,98	0,89	5
Temp. Sup. folha	24,48	1,55	5
Temp. Sup. solo	27,22	2,56	5
Umidade do ar	74,60	7,92	5
Umidade do solo	13,00	4,47	5
Temp. ar	29,06	1,82	5
Temp solo (10cm)	28,16	6,36	5
pH solo	6,56	0,66	5

A Tabela 2 apresenta as correlações entre as clorofilas a e b e a temperatura do ar. Nota-se que a temperatura do ar possui correlação negativa com a clorofila a e positiva com a clorofila b. Isso significa dizer que quando a temperatura do ar aumenta, ocorre uma diminuição da clorofila a e um aumento da clorofila b. Apesar da amostra não ser representativa, estatisticamente, esses resultados já eram esperados, visto que é conhecida a existência de uma forte relação entre o clima e a vegetação de zonas climáticas (Pillar, 1995). Esses resultados também se justificam por se saber que os pigmentos fotossintéticos presentes e a sua abundância variam de acordo com a espécie. A clorofila a está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica. A clorofila a é o pigmento utilizado para realizar a etapa fotoquímica, enquanto que os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios.

**Tabela 2.** Correlação de Pearson entre a temperatura do ar e a clorofila a e b.

Clorofila	Temperatura do ar	Sig
Chl a	-0,522	0,184
Chl b	0,213	0,365

A Tabela 3 apresenta as correlações entre as clorofilas a e b e a temperatura do solo a 10cm. Nota-se que a temperatura do solo (10cm) possui correlação negativa com a clorofila a e positiva com a clorofila b. Isso significa dizer que, quando a temperatura do solo aumenta, ocorre uma diminuição da clorofila a e um aumento da clorofila b.

Comparando as correlações da temperatura do ar e do solo (10cm) com as clorofilas (a e b), nota-se que elas apresentaram os mesmos sinais de correlação. Porém, a clorofila b apresentou uma maior correlação com a temperatura do ar do que com a temperatura do

solo (10cm). O fator térmico resulta do efeito combinado do aquecimento do ar e do solo. Com relação à temperatura do ar e as plantas, Klar (1984), afirma que a temperatura do ar afeta diretamente o crescimento da planta. Em relação à temperatura do solo, Ometto (1981) afirma que a textura e a estrutura do solo condicionam a maior ou menor absorção da energia radiante, a qual se limita aos primeiros centímetros da superfície (neste estudo, 10cm), e esta energia, sendo propagada no perfil do solo, interage com o sistema radicular da planta e irá estimular as trocas iônicas, entre raízes e solo.

**Tabela 3.** Correlação Pearson entre a temperatura do solo e a clorofila a e b.

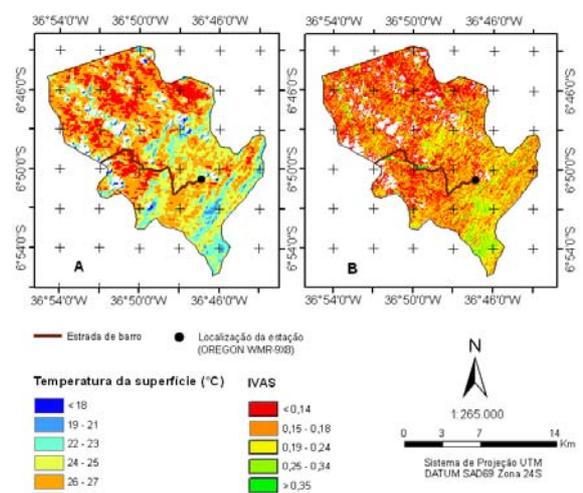
Clorofila	Temperatura do solo (10cm)	Sig
Chl a	-0,589	0,148
Chl b	0,031	0,480

**Relação entre a temperatura da superfície e o IVAS em São José do Sabugi – PB, estimada com sensoriamento remoto**

No dia 13/01/2009, às 10h (momento do imageamento do satélite Landsat 5), a estação meteorológica, representada no mapa com ponto preto, registrava uma temperatura do ar em torno de 28°C, com a imagem de satélite a temperatura da superfície foi estimada em 27°C (Figura 2A). A validação destes resultados pode ser encontrada em Galvêncio et al. (2009).

No ponto em que a temperatura da superfície foi de 28°C, o IVAS foi de, aproximadamente, 0,14, como mostra a Figura 2B. De acordo com o observado em campo, essa área corresponde a um solo exposto recoberto com gramíneas.

Comparando as Figuras 2A e 2B, nota-se que quanto maior o IVAS, menor a temperatura. Isso mostra a forte relação entre a cobertura vegetal verde e a temperatura, reforçando a relação entre a clorofila a e a temperatura do ar, do solo e da superfície.



**Figura 2.** Temperatura da superfície (A) e IVAS (B) estimados para o dia 13/01/2009.

**Conclusões**

Existe uma relação negativa entre a temperatura do ar e do solo com a clorofila a e uma relação positiva com a clorofila b na jurema preta.

Neste estudo, os resultados não apresentaram grandes diferenças entre a relação da temperatura do ar e da temperatura do solo com as clorofilas a e b.

Essas informações poderão servir como base inicial aos estudos do balanço energético e a quantidade de clorofila que poderá ser encontrada na espécie estudada (dominante no semi-árido).

Além disso, estudos futuros poderão indicar um modelo que apresente uma relação entre a quantidade de clorofila, conhecendo-se a quantidade de energia que a planta recebe (temperatura do ar).

## Referências

- Accioly, L.J.; Pacheco, A.; Costa, T.C.C.; Lopes, O.F.; Oliveira, A.J. 2002. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/Landsat. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6, 492-498.
- Allen, R.G.; Tasumi, M.; Trezza, R. 2002. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). *Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0*. 97p.
- Araújo, K.D.; Parente, H.N.; Correia, K.G.; Dantas, R.T.; Andrade, A.P.; Pazera, Jr.E. 2009. Liberação de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) em área de Caatinga no Semiárido da Paraíba. *Geoambiente on-line-Revista Eletrônica do Curso de Geografia*, 12, 7-29.
- Bakke, I.A.; Bakke, O.A., Andrade, A.P. de., Salcedo, I.H. 2006. Regeneração natural da Jurema preta em áreas sob pastejo de bovinos. *Revista Caatinga (Mossoró-Brasil)*, 19, 228-235.
- Barreta, D.; Santos, J.C.P.; Figueiredo, S.R.; Klauber-Filho, O. 2005. Efeito do monocultivo de *Pinus* e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no planalto sul catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29, 715-724.
- Bastiaanssen, W.G.M. 1995. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain. A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climates. *Agricultural University of Wageningen. PhD Thesis*. 273p.
- Bastiaanssen, W.G.M. 2000. SEBAL - Based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. *Journal of Hydrology*, 229, 87-100.
- Boegh, E.; Soegaard, H.; Thomsen, A. 2002. Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance. *Remote Sensing of Environment*, 79, 329-343.
- Broadbent, L. 1950. The microclimate of the potato crop. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 76, 439-454.
- Galvêncio, J.D.; Dantas, L.G.; Fernandes, J.G.; Silva, J.B.; Moura, M.S.B. de; Machado, C.C.C. 2009. Análise da temperatura do ar e da superfície no sítio Boa Felicidade em São José do Sabugi-PB, no semiárido do Brasil. *Revista de Geografia*, 26, 124-141.
- Huete, A.R.; Warrick, A.R. 1990. Assessment of vegetation and soil water regimes in partial canopies with optical remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 32, 155-167.
- Huete, A.R. 1988. Adjusting vegetation indices for soil influences. *International Agrophysics*, 4, 367-376.
- IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Fourth Assessment Report Working Group III. Mitigation of Climate Change. *Bancoc*.
- Iqbal, M. 1983. *An introduction to Solar Radiation*. Academic Press, NY.
- IRRI. International Rice Research Institute. 2003. Rainfed lowland rice ecosystem. Project RL1 Characterizing and analyzing rainfed rice environments. Disponível em: <http://www.irri.org/science/progsum/pdfs/dgreport99/r11.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2003.
- Klar, A.E. 1984. *A água no sistema solo planta atmosfera*. Livraria. Nobel S.A. 408p.
- Lopes, M.J.A.; Souza, D.K.S.; Moura, M.A.; Nascimento Filho, M.F. 1995. Estudo da temperatura do solo em diferentes microclimas. In: *Simpósio Nacional de Agrometeorologia*, I, 90-94.
- Maia, G.N. 2004. *Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades*. São Paulo: D&Z, 413p.
- Marengo, J.A. 2010. Possíveis impactos da mudança de clima no Nordeste. *Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*, 1-4.
- Markham, B.L.; Barker, L.L. 1987. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing*, 8, 517-523.
- Monteith, J.L.; Unsworth, M.H. 1990. *Principles of environmental physics*. 2ª Ed. New York: Edward Arnold, 291p.
- Ometto, J.C. 1981. *Bioclimatologia Vegetal*. Editora Agronômica Ceres. Ltda. São Paulo. 425p.
- Ortolani, A.A.; Pedro Jr., M.J.; Cargo, M.B.P.; Cortez, J.G.B. 2001. Regionalização da época de maturação qualidade natural de bebida do café arábica no Estado de São Paulo. *Anais do XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e III. Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia*. I: 53-54.
- Pillar, V.D.P. 1995. *Clima e vegetação*. Clima. UFRGS, Departamento de Botânica. Disponível em: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>.
- Pinheiro, F.M.A.; Oliveira L.A.; Gonçalves P.H.L.; Chaves, J.G.; Ribeiro, J.B. M. 2002. XII Influência da Cobertura Plástica na Geotemperatura de Áreas Cultivadas na Amazônia Oriental. *Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR*, p. 2537.
- Sedyama, G.C.; Prates, J.E. 1986. *O microclima: possibilidades de modificação*. Informe Agropecuário, Belo Horizonte.
- Silva, B.B.; Cândido, M.V. 2004. Determinação da evapotranspiração em escala regional através do Sebal e imagens Landsat 5 – TM. *XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza*.
- Silva, B.B. da; Lopes, G.M.; Azevedo, P.V. de. 2005. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20, 243-252.
- van Der Meer, F.; Molenaar, M.; Nieuwenhuis, G.; Woldai, T. 1999. Operational remote sensing for sustainable development. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 1, 1.